



(19) **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

(12) **Offenlegungsschrift
DE 101 44 579 A 1**

(51) Int. Cl.⁷:
B 81 C 1/00
G 03 F 7/20
B 29 C 59/04
B 29 C 67/00

(21) Aktenzeichen: 101 44 579.2
(22) Anmeldetag: 11. 9. 2001
(43) Offenlegungstag: 6. 3. 2003

(66) Innere Priorität:
101 37 940. 4 07. 08. 2001
(71) Anmelder:
Götzen, Reiner, Dipl.-Ing., 47239 Duisburg, DE
(74) Vertreter:
Dr. Brundert & Kollegen, 47279 Duisburg

(72) Erfinder:
gleich Anmelder
(56) Entgegenhaltungen:
DE 197 21 170 A1
US 51 43 817
WO 96 22 874 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Fein- bis Mikrostrukturen und/oder komplexen Mikrosystemen
(57) Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Herstellung von Fein- bis Mikrostrukturen und/oder komplexen Mikrosystemen durch schichtweisen Aufbau in und aus einer photoaushärtbaren Flüssigkeit zwischen zwei Begrenzungsfächern, wobei die einzelnen Schichten durch Belichtung der Flüssigkeit, durch eine der Schicht-Topographie entsprechende Maske hindurch, gebildet werden und der Abstand zwischen den Begrenzungsfächern sukzessive um die jeweilige Schichtdicke vergrößert wird, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die einzelnen Schichten der aufzunehmenden Struktur zwischen jeweils zwei sich gegenüberstehenden gegenüberliegenden, die Begrenzungsfächern bildenden Walzen generiert werden und der Walzenabstand des jeweiligen Walzenpaars durch die Dicke der zu bildenden Schicht und der Dicke der bereits vorhandenen Schichten gegeben ist, wobei die erste Schicht auf einer zwischen den Walzen hindurchfahrenden Substratträgerfolie aufgebracht wird.

DE 101 44 579 A 1

DE 101 44 579 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Feinbis Mikrostrukturen und/oder komplexen Mikrosystemen durch schichtweisen Aufbau in und aus einer photoaus härzbaren Flüssigkeit zwischen zwei Begrenzungsf lächen, wobei die einzelnen Schichten durch Belichtung der Flüssigkeit durch eine der Schicht-Topographie entsprechende Maske hindurch gebildet werden und der Abstand zwischen den Begrenzungsf lächen sukzessive um die jeweilige Schichtdicke vergrößert wird, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Ein derartiges Verfahren bzw. eine derartige Vorrichtung ist aus der DE-PS 44 20 996 bekannt. Mit Hilfe der dort offenbarten Technik ist es möglich, die obengenannten Mikrostrukturen durch feinste Schichtbildung in ausgezeichnetner Auflösung herzustellen.

[0003] Mit Hilfe der vorbekannten Technik ist es jedoch nicht möglich, derartige Mikrostrukturen in größerer Stückzahl herzustellen, da in jeder Vorrichtung jeweils nur eine Mikrostruktur generiert werden kann.

[0004] Daher hat der Erfinder in DE-PS 195 39 039 eine Lösung vorgeschlagen, wie eine Vielzahl von Strukturen gleichzeitig generiert werden kann. Ausgehend von einer Vorrichtung nach DE-PS 44 20 996 ist hier der Strahlungsquelle eine Strahleiteinrichtung nachgeordnet, wodurch die Teilstrahlen nebeneinander auf eine der Platten gerichtet auf die mit dieser Platte parallele Flüssigkeitsoberfläche fokussiert sind.

[0005] Somit können parallel nebeneinander gleichartige Mikrostrukturen zeitgleich generiert werden, wobei jedoch die Anzahl der zu generierenden Strukturen immer noch begrenzt ist.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu runde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit dem/der beliebig viele Mikrostrukturen in Serie hergestellt werden können.

[0007] Die Erfindung löst diese Aufgabe gemäß dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 dadurch, daß die einzelnen Schichten der aufzubauenden Struktur zwischen jeweils zwei sich gegenüberstehenden, die Begrenzungsf lächen bildenden Walzen generiert werden und der Walzenabstand des jeweiligen Walzenpaares durch die Dicke der zu bildenden Schicht und der Dicke der bereits vorhandenen Schichten gegeben ist, wobei die erste Schicht auf einer zwischen den Walzen hindurchfahrenden Substraträgerfolie aufgebracht wird und die Belichtung der zu generierenden Schicht durch eine der Walzen erfolgt.

[0008] Im Extremfall sind daher genau so viele Walzenpaare in Reihe hintereinander angeordnet wie Schichten in der Struktur generiert werden sollen. Alternativ kann aber auch ein Walzenpaar, bei dem bei jedem Durchlauf der Abstand um die Schichtdicke erhöht wird, vorgesehen sein. Der Aufbau der Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens ähnelt dabei bekannten Vorrichtungen aus der Drucktechnik. Genau wie auf dem Gebiet der Drucktechnik ermöglicht das erfundungsgemäße Verfahren beliebig große "Auflagen".

[0009] Die photoaus härzbare Flüssigkeit kann sich dabei ähnlich wie im obengenannten Stand der Technik lediglich auf den Bereich zwischen den beiden Grenzf lächen (im Walzenspalt) beschränken. Das erfundungsgemäße Verfahren ist jedoch auch in einem mit der photoaus härzbaren Flüssigkeit gefüllten Becken durchführbar.

[0010] Anders als beim Verfahren gemäß Stand der Technik müssen die Strukturen auf Substraträgerfolie aufgebaut werden, die mit dem Bauteil eine größere Haftung eingeht als mit der in der Regel antihaft beschichteten Walze, durch

die die Belichtung der Flüssigkeitsoberfläche erfolgt. Diese Walze wird im folgenden Belichtungswalze genannt.

[0011] Die Belichtungswalze besteht aus einem für elektromagnetische Wellen (UV-Licht, Laser, etc.) durchlässigen Material wie z. B. Quarzglas. Die Generierung der jeweiligen Schicht in ihrer gewünschten Topographie geschieht dabei durch eine Maske, die das Negativ dieser Topographie darstellt. Diese Maske kann entweder auf der Belichtungswalze selbst aufgebracht, beispielsweise aufgedampft sein. Hierzu bietet sich die aus der Mikroelektronik bekannte Chrom-Glas-Maske an, die auch in Graukeilform vorliegen kann, wodurch durch einen definierten Lichtdurchlässigkeitsgradienten beispielsweise auch optische Linsen generiert werden können.

[0012] Eine Alternative hierzu ist durch den Anspruch 12 gegeben. Hier wird vorgeschlagen, daß in der Belichtungswalze zwischen Lichtquelle und Walzenoberfläche ein stationärer Belichtungsschlitz angeordnet ist und die Maske als unterhalb des Schlitzes an der Oberfläche der Belichtungswalze vorbeigeführtes Folienband ausgebildet ist. Diese Belichtungsfolie mit für elektromagnetische Wellen durchlässigen und undurchlässigen Bereichen gemäß der zu generierenden Schichttopographie wird synchron mit der Substraträgerfolie zwischen Belichtungswalze und Belichtungsschlitz geführt.

[0013] Der Belichtungsschlitz hängt dabei in seiner Breite vom Walzendurchmesser, vom zu belichtenden Material und von der Umfangsgeschwindigkeit der Walze ab.

[0014] Mit Hilfe des erfundungsgemäßen Verfahrens können durch den Einsatz verschiedener aus härbarer Flüssigkeiten zwischen den jeweiligen Walzenpaaren Strukturen erzeugt werden, die genau definierte physikalische, d. h. z. B. elektrische bzw. optische Eigenschaften aufweisen.

[0015] Um bei der Erzeugung von Strukturen mit unterschiedlichsten Eigenschaften noch freier zu sein, schlägt das erfundungsgemäße Verfahren vor, dass zusätzliche Folien mit physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften, die von denen der ausgehärteten Schichten abweichen, parallel zwischen die Walzen zugeführt und mit der oberen Schicht und der folgenden Schicht verklebt werden; so können z. B. zwischen den Schichten auch elektrisch leitende Schichten aufgebaut werden. Die mit elektrisch leitenden Materialien strukturiert beschichteten Folien werden dabei ebenfalls mittels mit elektromagnetischen Wellen polymerisierbarem Kunststoff strukturiert verklebt. Dabei wird die Verklebung wieder durch eine auf der Belichtungswalze angebrachte Maske oder alternativ mit der oben beschriebenen Belichtungsfolie realisiert.

[0016] Die Verklebung mit der Struktur kann aber auch mit anderen Klebetechniken realisiert werden. Beispielsweise durch eine Folie, die mit einem Kleber beschichtet ist, wobei dieser Kleber ebenfalls strukturiert aufgebracht werden kann, indem man die Beschichtungstechniken des Offset-Drucks übernimmt.

[0017] Die auf- oder eingebrachten Folien können auch andere Funktionen realisieren. So ist es denkbar, die Elastizität der ein- bzw. aufgebrachten Folie bezüglich ihrer Federwirkung auszunutzen. Weiterhin ist es denkbar, Folien mit besonderen magnetischen oder chemischen Eigenschaften (basisch, neutral, sauer, hydrophil oder hydrophob) gezielt einzusetzen.

[0018] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist gemäß Anspruch 3 vorgesehen, daß die zwischen einem Walzenpaar generierte Schicht in einem nachfolgenden Schritt zum Entfernen der nicht ausgehärteten Substanz gespült wird und in einem nachfolgenden Walzenpaar eine Auffüllung der von der nicht ausgehärteten Substanz befreiten Bereiche durch Materialien oder fertige

Bauteile mit abweichenden physikalischen, chemischen und/oder biologischen Eigenschaften durchgeführt wird.

[0019] Werden die von der nicht ausgehärteten Substanz befreiten Bereiche durch eine andere Substanz gefüllt, kann diese Substanz auch durch andere Aushärtungsmechanismen ausgehärtet werden, z. B. durch Sauerstoffentzug, Verdunstung von Lösungsmitteln oder Wärme.

[0020] Hierbei ist es mitunter erforderlich, daß nach dem Reinigungsvorgang (Spülvorgang) ein Trocknungsvorgang angeschlossen wird.

[0021] Werden Bauteile zugeführt, so kann dies dadurch geschehen, daß sie auf einer Folie haftend ähnlich wie bereits oben beschrieben einem Walzenpaar zugeführt werden. Die Bauteile werden in die wie oben beschriebene erzeugte Kavitäten eingelegt, mittels strukturierter Verklebung befestigt und an einer sogenannten Schälwalze durch Schälung von ihrem ursprünglichen Träger befreit.

[0022] Ein weiterer Vorteil des erfundungsgemäßen Verfahrens ist darin zu sehen, daß die in Massen produzierten Mikrostrukturen oder Systeme in einfacher Weise weiterverarbeitet werden können, da die Strukturen auf der Substratfolie in hoher Ordnung, Ausrichtung der Lage und Abstand der Bauteile vorliegen, wodurch diese Ordnung bei der Weiterverarbeitung z. B. durch Zuführung gegurteter Bauteile ausgenutzt werden kann.

[0023] Mit Hilfe des erfundungsgemäßen Verfahrens ist es jedoch nicht nur möglich, auf der Substratfolie diskrete Strukturen bzw. Bauteile zu generieren, es können darüber hinaus auch mikrostrukturierte Folien selbst erzeugt werden, wobei entweder auf der Folie eine strukturierte Oberfläche erzeugt werden kann (Lotosblumeneffekt, Haifischhaut, oder Folien für Flachbildschirme) oder aber in sich mikrostrukturierte Folien, wobei nach dem Auftrag dieser Mikrostruktur auf der Trägerfolie anschließend diese Trägerfolie wieder entfernt wird.

[0024] Im letzten Walzenpaar können beispielsweise die Strukturen mit einer adhäsiven Folie überzogen werden, die beim Transport und vor der Weiterverarbeitung als Verpackung zum Schutz gegen äußere Einflüsse ausgelegt sein soll.

[0025] Die Erfindung wird im folgenden anhand von Zeichnungen dargestellt und näher erläutert.

[0026] Es zeigen:

[0027] Fig. 1 Walzenpaar bei der Erzeugung einer ersten Substratschicht,

[0028] Fig. 2 Walzenpaar gemäß Fig. 1 mit Maskenfolie,

[0029] Fig. 3 Walzenpaar bei der Erzeugung der zweiten Schicht,

[0030] Fig. 4 Walzenpaar und Zuführvorrichtung von einzulegenden Bauteilen,

[0031] Fig. 5 Walzenpaar mit Zuführung einer Folie.

[0032] In den Fig. 1 bis 5 ist jeweils ein Walzenpaar dargestellt und allgemein mit dem Bezugszeichen 1 versehen. Für die erfundungsgemäße Vorrichtung muß man sich in dieser Walzenpaare in Reihe zueinander geschaltet vorstellen, wobei n abhängig ist von der Strukturhöhe bzw. von den Eigenschaften, die eine derartige Struktur haben soll. Alternativ kann aber auch ein Walzenpaar vorgesehen sein, bei dem bei jedem Durchlauf der Abstand der Walzen um die Schichtdicke erhöht wird.

[0033] In der Fig. 1 ist das erste Walzenpaar 1 innerhalb der Vorrichtung dargestellt. Es besteht (wie im Prinzip die anderen Walzenpaare auch) aus einer aus für elektromagnetische Wellen durchlässigem Material bestehenden Belichtungswalze 2 und einer Gegenwalze 3, die zwischen sich einen Walzenspalt 4 lassen. In der Belichtungswalze 2 ist eine elektromagnetische Wellen aussendende Quelle 5 (UV-Quelle, Laser etc.) angeordnet. Zwischen Lichtquelle 5 und dem Walzenspalt 4 befindet sich in der Walze 2 ein stationär-

rer Belichtungsschlitz 6. Durch den Walzenspalt hindurchgeführt wird eine Substraträgerfolie 7, zwischen welcher und der Belichtungswalze 2 eine durch Adhäsionskräfte gehaltene photoaus härtbare Flüssigkeit 8 vorgesehen ist. Auf der Oberfläche der Belichtungswalze 2 ist eine Maske (beispielsweise Chrom-Glas-Maske) aufgetragen, die ein Negativ zur Schicht-Topographie der zu erzeugenden ersten Schicht darstellt.

[0034] Die Flüssigkeit 8 wird mit Hilfe der Lichtquelle 5 durch den Belichtungsschlitz 6 belichtet. Dort wo das Licht in die Flüssigkeit eindringen kann (d. h. von der Maske nicht ausgeblendet wird), polymerisiert die Flüssigkeit und wird fest. Hierdurch entsteht die erste Schicht 9 der zu generierenden Struktur.

[0035] In der Fig. 2 ist eine an sich gleiche Vorrichtung dargestellt. Hier ist die Maske aber nicht auf der Oberfläche der Belichtungswalze 2 aufgetragen, sondern wird in Form einer Belichtungsfolie 10 zwischen Belichtungsschlitz und Flüssigkeitsoberfläche hindurchgeführt.

[0036] In der Fig. 3 ist ein dem in den Fig. 1 und 2 dargestellten Walzenpaar 1 nachgeordnetes Walzenpaar 1' dargestellt, durch welches die zweite Schicht 9' auf der ersten Schicht 9 in gleicher Weise generiert wird wie diesbezüglich in Fig. 1 und 2 beschrieben. Die Substanz zur Erzeugung der zweiten Schicht 9' kann dabei gleich sein wie die Substanz der ersten Schicht 9, kann aber auch aus anderem Material mit abweichenden Eigenschaften bestehen.

[0037] In der Fig. 4 ist wiederum ein Walzenpaar 1" dargestellt, an dem bereits mit einer Mulde versogene zuvor generierte Strukturen 11 ankommen und dort mit von einer Spule 12 zugeführten (beispielsweise) Bauteilen 13 bestückt werden. Die Bauteile 13 haften auf einer Folie 14. Nach dem Einlegen der Bauteile 13 in die Mulden der Struktur 11 werden diese mittels eines Schälmessers 16 von der Folie 14 abgeschält. Zum Befestigen der Teile 13 in den Mulden können Klebetechniken angewandt werden, bei denen ebenfalls mit photoaus härtbaren Substanzen gearbeitet wird, und zwar in der Art und Weise wie oben beschrieben.

[0038] Schließlich ist in Fig. 5 ein abschließendes Walzenpaar 1" dargestellt, in dem die fertigen Strukturen 11 zum Schutz und zum Transport mit einer Deckfolie 15 abgedeckt werden. Auch hierbei kann mittels des obengenannten Verfahrens eine Verklebung der Folie mit den Strukturen 11 erfolgen.

[0039] Abhängig von chemischen, physikalischen und biologischen Eigenschaften können ähnlich wie in Fig. 5 dargestellt auch bei der Produktion, d. h. bei der Generierung der Strukturen 11 Folien zugeführt werden, die dann einzelne Schichten der Struktur bilden.

[0040] Die Erfindung ist jedoch auf die in den Fig. 1 bis 5 dargestellten Ausführungsformen nicht beschränkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Fein- bis Mikrostrukturen und/oder komplexen Mikrosystemen durch schichtweisen Aufbau in und aus einer photoaus härtbaren Flüssigkeit zwischen zwei Begrenzungsf lächen, wobei die einzelnen Schichten durch Belichtung der Flüssigkeit durch eine der Schicht-Topographie entsprechende Maske hindurch gebildet werden und der Abstand zwischen den Begrenzungsf lächen sukzessive um die jeweilige Schichtdicke vergrößert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die einzelnen Schichten (9, 9') der aufzubauenden Struktur (11) zwischen jeweils zwei sich gegenüberstehenden gegenläufigen, die Begrenzungsf lächen bildenden Walzen (2, 3) generiert werden und der Walzenabstand (4) des jeweiligen Wal-

zenpaars (**1, 1', 1", 1''**) durch die Dicke der zu bildenden Schicht (**9, 9'**) und der Dicke der bereits vorhandenen Schichten gegeben ist, wobei die erste Schicht (**9**) auf einer zwischen den Walzen (**2, 3**) hindurchfahrenden Substratträgerfolie (**7**) aufgebracht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzliche Folien (**15**) mit physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften, die von denen der ausgehärteten Schichten (**9, 9'**) abweichen, parallel zwischen die Walzen (**2, 3**) geführt und mit der oberen Schicht und der folgenden Schicht verklebt werden.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die zwischen einem Walzenpaar (**1, 1', 1"**) generierte Schicht (**9, 9'**) in einem nachfolgenden Schritt zum Entfernen der nicht ausgehärteten Substanz gespült wird und in einem nachfolgenden Walzenpaar eine Auffüllung der von der nicht ausgehärteten Substanz befreiten Bereiche durch Materialien oder Bauteile (**13**) mit abweichenden physikalischen, chemischen und/oder biologischen Eigenschaften durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauteile (**13**) auf einer Folie (**14**) haftend zugeführt werden und nach ihrer Positionierung mittels Abschaltung von der Folie (**14**) befreit werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Substratfolie (**7**) diskrete Strukturen bzw. Komplex-Systeme in großer Stückzahl erzeugt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß mikrostrukturierte Endlos-Folien erzeugt werden, wobei Folien mit einer mikrostrukturierten Oberfläche und/oder Folien gebildet werden, die selbst aus Mikrostrukturen bestehen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die der Schicht-Topographie entsprechende Maske auf der Belichtungswalze (**2**) aufgetragen ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die der Schicht-Topographie entsprechende Maske auf einer synchron mit der Substratfolie (**7**) vor der Belichtungswalze (**2**) vorbeigeführten Folie (**10**) mit für elektromagnetische Wellen durchlässigen und undurchlässigen Bereichen vorgesehen ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Flüssigkeit (**8**) auf den Spalt (**4**) zwischen den Walzen (**2, 3**) begrenzt ist und durch ihre Oberflächenspannung gehalten wird.

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch mindestens ein Walzenpaar (**1, 1', 1", 1'''**), wobei jeweils eine Walze (**2**) des Walzenpaars (**1, 1', 1", 1'''**) (Belichtungswalze) aus einem für elektromagnetische Wellen durchlässigen Material besteht, wobei in dieser Walze (**2**) eine elektromagnetische Wellen aussendende Quelle (**5**) (Lichtquelle) angeordnet ist, einer jeder Belichtungswalze (**2**) zugeordneten Maske (**10**) mit für elektromagnetische Wellen durchlässigen und undurchlässigen Bereichen, sowie durch eine durch das mindestens eine Walzenpaar (**1, 1', 1", 1'''**) hindurchgeführte Substrat-Trägerfolie (**7**) als Basis für die generierten Strukturen (**11**).

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Maske auf die Oberfläche der Belichtungswalze (**2**) aufgebracht ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekenn-

zeichnet, daß in der Belichtungswalze (**2**) zwischen Lichtquelle (**5**) und Walzenoberfläche ein stationärer Belichtungsschlitz (**6**) angeordnet ist und die Maske als unterhalb des Schlitzes (**6**) an der Oberfläche der Belichtungswalze (**2**) vorbeigeführtes Folienband (**10**) ausgebildet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Walzenpaare in Reihe hintereinander angeordnet sind.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen einzelnen Walzenpaaren (**1, 1', 1"**) Spülvorrichtungen angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Walzenpaaren (**1, 1', 1", 1'''**) Folienwickel (**12, 15**) angeordnet sind, deren Folien als Träger für eine Klebstoffschicht und/oder elektronische und/oder mechanische und/oder optische und/oder biologische Bauteile (**13**) ausgebildet sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Walzenpaaren (**1, 1', 1", 1'''**) Folienwickel angeordnet sind, wobei die Folien definierte physikalische bzw. chemische Eigenschaften aufweisen.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die Belichtungswalze (**2**) mit einer Antihafbeschichtung versehen ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

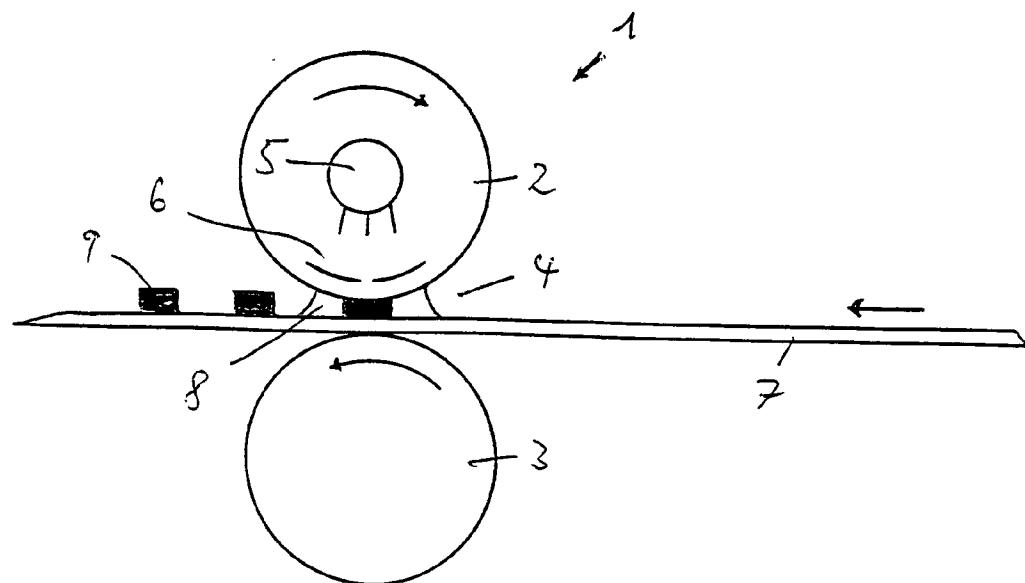


Fig. 1

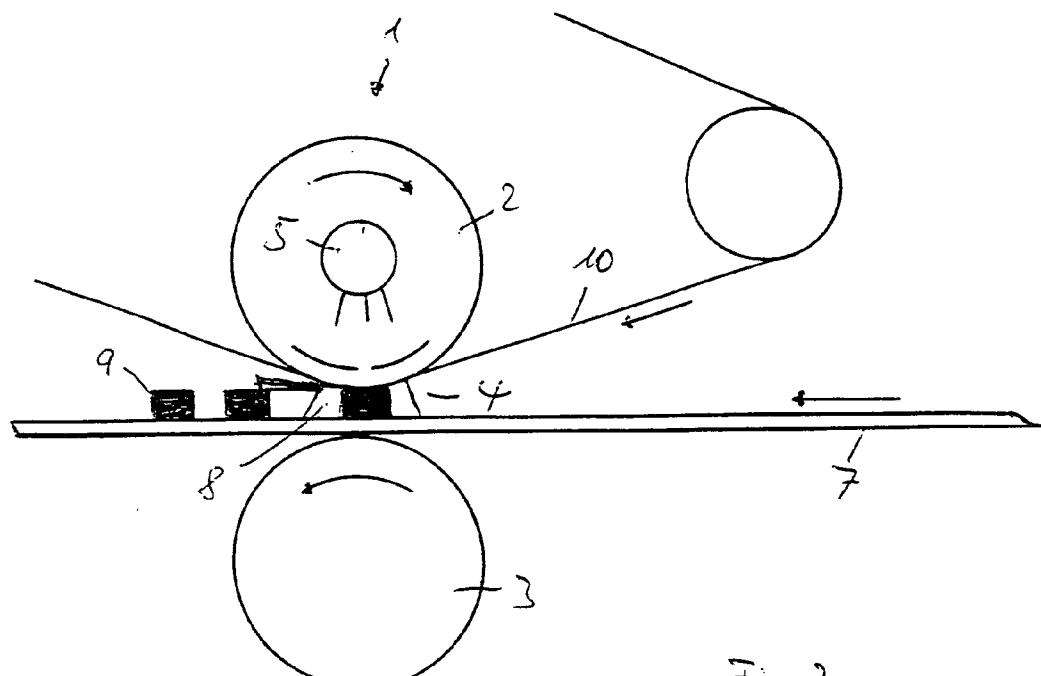


Fig. 2

